



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 100 57 636 C 1

51 Int. Cl.7:  
G 06 F 17/10  
G 09 B 29/00

21 Aktenzeichen: 100 57 636.2-53  
22 Anmeldetag: 21. 11. 2000  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 6. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

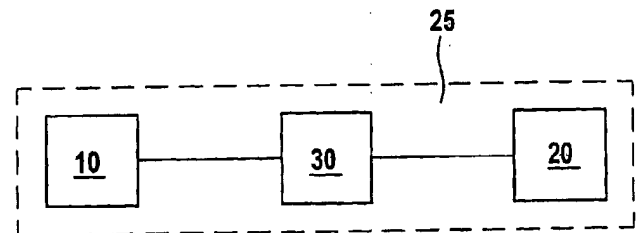
72 Erfinder:  
Hessling, Matthias, 31141 Hildesheim, DE;  
Hahlweg, Cornelius, 31139 Hildesheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 37 87 670 T2  
EP 05 77 130 A2

54 Verfahren zur Beschreibung von Streckenabschnitten in digitalen Karten

57 Es wird ein Verfahren zur Beschreibung von Streckenabschnitten in digitalen Karten (5) vorgeschlagen, bei dem Speicherplatz eingespart werden kann. Bei dem Verfahren werden gekrümmte Streckenabschnitte (1) durch Geradenstücke (11, 12, 13, 14, 15) angeglichen, wobei ein Anfangspunkt ( $\bar{P}_1$ ) und ein Endpunkt ( $\bar{P}_2$ ) eines gekrümmten Streckenabschnitts (2) in einem Speicher (20) abgelegt werden. Der gekrümmte Streckenabschnitt (2) bildet zwischen diesen beiden Punkten ( $\bar{P}_1$ ,  $\bar{P}_2$ ) ein Kreissegment. Zur Beschreibung des gekrümmten Streckenabschnitts (2) werden von einem Mittelpunkt ( $\bar{C}$ ) des Kreissegments (2) ein erster Radiusvektor ( $\bar{r}_1$ ) zum Anfangspunkt ( $\bar{P}_1$ ) und ein zweiter Radiusvektor ( $\bar{r}_2$ ) zum Endpunkt ( $\bar{P}_2$ ) ermittelt. In Abhängigkeit des Krümmungsradius  $r$  wird eine Anzahl (N) von Stützstellen ( $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{S}_3, \bar{S}_4$ ) zwischen dem Anfangspunkt ( $\bar{P}_1$ ) und dem Endpunkt ( $\bar{P}_2$ ) festgelegt, wobei diese Anzahl (N) größer oder gleich 2 ist. Jede der Stützstellen ( $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{S}_3, \bar{S}_4$ ) wird durch schrittweises Drehen eines der beiden Radiusvektoren ( $\bar{r}_1$ ,  $\bar{r}_2$ ) in Richtung zum anderen der beiden Radiusvektoren ( $\bar{r}_1$ ,  $\bar{r}_2$ ) mit dem Mittelpunkt ( $\bar{C}$ ) des Kreissegments (2) als Drehachse um den Winkel des Kreissegments (2) geteilt durch die um 2 erhöhte Anzahl (N) der Stützstellen ( $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{S}_3, \bar{S}_4$ ) erreicht. Der gekrümmte Streckenabschnitt (2) wird durch die aneinandergereihten Geradenstücke (22, 23, 24, 25, 26) zwischen dem Anfangspunkt ( $\bar{P}_1$ ) den ermittelten Stützstellen ( $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{S}_3, \bar{S}_4$ ) und dem Endpunkt ( $\bar{P}_2$ ) angenähert und zur Darstellung an einer Anzeigevorrichtung (30) gebracht oder einer ...



DE 100 57 636 C 1

DE 100 57 636 C 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einem Verfahren zur Beschreibung von Streckenabschnitten in digitalen Karten nach der Gattung des Hauptanspruchs aus.

[0002] In heutigen digitalen Karten werden Streckenabschnitte zwischen zwei Punkten als gerade Strecken zwischen diesen Punkten beschrieben. Kurven werden dabei in eine Anzahl von Stützstellen aufgeteilt und zwischen den Stützstellen durch Geradenstücke angenähert. Dies ist beispielsweise aus der GDF-Spezifikation 3.0 vom 12. Oktober 1995 bekannt. Je geringer dabei der Krümmungsradius der Kurve ist, desto größer wird in der Regel die Anzahl der Stützstellen auf der Kurve gewählt, um durch die Geradenstücke eine möglichst starke Annäherung an den Kurvenverlauf zu erzielen. Je mehr solcher Stützstellen für die Darstellung einer solchen Kurve vorgesehen sind, desto mehr Speicherplatz muß für deren Ablage vorgesehen sein.

[0003] Aus der EP 0 577 130 A2 sind ein System und ein Verfahren zur Erstellung von Bézier-Kurven bekannt. Dabei wird mit einem Computer bestimmt, wann eine Kurve, definiert durch einen Satz von Bézier-Kontrollstellen, genügend durch ein Streckensegment angenähert ist, so dass die Reduktion der Bézier-Kurve in kleinere Kurven beendet werden kann. Das Verfahren kann dabei mittels Vektoraddition und -subtraktion realisiert werden und ist anwendbar auf Bézier-Kurven jeglicher Ordnung.

[0004] Aus der DE 37 87 670 ist ein Kurvennäherungsverfahren bekannt, bei dem Bilddaten komprimiert werden, die durch ein Punktmuster ein Bild darstellen, das wenigstens einen gekrümmten Abschnitt aufweist. Dabei werden kodierte Daten erzeugt, die einen Umriss des gekrümmten Abschnitts begrenzen, wobei die kodierten Daten dekodierbar sind, um das Bild zu reproduzieren. Das Verfahren beinhaltet ein Teilen des Umrisses in geradlinige Abschnitte, die durch eine Kurvenapproximationsfunktion dargestellt werden können, wobei folgende Schritte zur Anwendung kommen:

- Extrahieren von Krümmungspunkten des Umrisses aus den Punktmuster-Bilddaten, wobei die Krümmungspunkte den Umriss in die geradlinigen Abschnitte teilen;
- Klassifizieren der Abschnitte gemäß ihrer Richtung unter Verwendung eines Richtungsklassifikationssystems nach vier Quadranten, wobei jeder Abschnitt eine einzige Klassifikation besitzt, die damit verbunden ist;
- Gruppieren jeder Serie konsekutiver Abschnitte mit identischer Klassifikation zu einem Bogen;
- Berechnen einer approximativen Kurve, um den Umriss des gekrümmten Abschnitts darzustellen, wobei eine Kurvenapproximationsfunktion mit einem Kurvenapproximationsintervall angewendet wird, das durch die Endpunkte jedes Bogens begrenzt ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der genannten Art für eine Kurvenapproximation bei möglichst geringem Speicherplatzaufwand und möglichst hoher Genauigkeit zu realisieren.

## Vorteile der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass zur Beschreibung des gekrümmten Streckenabschnitts

von einem Mittelpunkt des Kreissegments ein erster Radiusvektor zum Anfangspunkt und ein zweiter Radiusvektor zum Endpunkt ermittelt werden, dass in Abhängigkeit des Krümmungsradius eine Anzahl von Stützstellen zwischen dem Anfangspunkt und dem Endpunkt festgelegt wird, wobei diese Anzahl größer oder gleich 1 ist, dass jede der Stützstellen durch schrittweises Drehen eines der beiden Radiusvektoren in Richtung zum anderen der beiden Radiusvektoren mit dem Mittelpunkt des Kreissegments als Drehachse um den Winkel des Kreissegments geteilt durch die um 1 erhöhte Anzahl der Stützstellen erreicht wird und dass der gekrümmte Streckenabschnitt durch die aneinandergereihten Geradenstücke zwischen dem Anfangspunkt, den ermittelten Stützstellen und dem Endpunkt angenähert und zur Darstellung an einer Anzeigevorrichtung gebracht wird. Auf diese Weise können sämtliche Stützstellen zwischen dem Anfangspunkt und dem Endpunkt des gekrümmten Streckenabschnitts allein aus dem ersten Radiusvektor, dem zweiten Radiusvektor und der Anzahl der zur Beschreibung des gekrümmten Streckenabschnitts erforderlichen Stützstellen ermittelt werden, so dass die Stützstellen selbst nicht mehr abgespeichert werden müssen und Speicherplatz eingespart wird. Ohne zusätzlichen Speicherplatzaufwand kann dabei sogar die Genauigkeit für die Beschreibung des gekrümmten Streckenabschnitts erhöht werden, indem einfach ein entsprechend größerer Wert für die Anzahl der erforderlichen Stützstellen für die Nachbildung des gekrümmten Streckenabschnitts abgespeichert wird. Durch einen größeren Rechenaufwand wird somit Speicherplatz eingespart.

[0007] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

[0008] Besonders vorteilhaft ist es, dass der Radius des Kreissegments zusammen mit dem Anfangspunkt und dem Endpunkt in Zuordnung zu dem gekrümmten Streckenabschnitt im Speicher abgespeichert wird und dass der Mittelpunkt des Kreissegments aus dem Radius, dem Anfangspunkt und dem Endpunkt durch eine Rechenvorschrift ermittelt wird. Auf diese Weise kann zur Bestimmung der Stützstellen auch auf die Speicherung des Ortsvektors des Mittelpunkts des Kreissegments verzichtet werden.

## Zeichnung

[0009] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Navigationsvorrichtung und Fig. 2 einen Ausschnitt aus einer digitalen Karte mit einem gekrümmten Streckenabschnitt und dessen Annäherung durch Geradenstücke.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0010] In Fig. 1 kennzeichnet 25 eine Navigationsvorrichtung mit einem Prozessor 30, an den ein Speicher 10 und eine Anzeigevorrichtung 20 angeschlossen sind. An der Anzeigevorrichtung 20 kann eine digitale Karte 5 dargestellt werden. Alternativ oder zusätzlich zur Anzeigevorrichtung 20 kann eine beliebige Weiterverarbeitungsvorrichtung vorgesehen sein, die die Kartendaten einer weiteren Verarbeitung beispielsweise in Verbindung mit einer Ortungs- und/oder Zielführungsfunktion zuführt. Die digitale Karte 5 kann dabei eine Straßenkarte sein. Wenn die Navigationsvorrichtung 25 zusätzlich mit einem Ortungsempfänger, beispielsweise einem GPS-Empfänger (Global Positioning System), ausgerüstet ist, so kann eine aktuelle geographische Position der Navigationsvorrichtung 25 aus den mittels des

Ortungsempfängers empfangenen Ortsdaten abgeleitet werden. Ist ein solcher Ortungsempfänger vorgesehen, so kann er mit dem Prozessor 30 der Navigationsvorrichtung 25 verbunden sein. Dies ist in Fig. 1 jedoch nicht dargestellt. Der Prozessor 30 kann dann aus den vom Ortungsempfänger empfangenen Ortsdaten durch Vergleich mit den im Speicher 10 abgelegten Kartendaten der digitalen Karte 5 die Position der Navigationsvorrichtung 25 in der digitalen Karte 5 markieren und an der Anzeigevorrichtung 20 zur Darstellung bringen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Map Matching.

[0011] Die Navigationsvorrichtung 25 kann in einem Kraftfahrzeug angeordnet sein und auf diese Weise eine automatische Zielführung des Kraftfahrzeugs von einem Ausgangspunkt zu einem Zielpunkt realisieren. Der Fahrer des Kraftfahrzeugs kann dabei die zurückzulegende Strecke direkt während der Fahrt durch Anzeige seiner Fahrzeugposition auf der digitalen Karte 5 an der Anzeigevorrichtung 20 mitverfolgen.

[0012] Auf der digitalen Karte 5 werden Straßen abgebildet, die gerade oder auch kurvenreich sein können. Für die Beschreibung und Darstellung gerader Streckenabschnitte auf der digitalen Karte 5 ist lediglich die Speicherung des Anfangs- und des Endpunktes eines solchen geraden Streckenabschnitts im Speicher 10 erforderlich. Durch den Anfangs- und den Endpunkt ist ein solcher gerader Streckenabschnitt eindeutig bestimmt und an der Anzeigevorrichtung 20 auf der digitalen Karte 5 darstellbar.

[0013] Anders verhält es sich bei gekrümmten Streckenabschnitten, von denen beispielhaft einer auf der in Fig. 3 dargestellten digitalen Karte 5 in Form eines Halbkreises gezeigt und mit dem Bezugszeichen 1 gekennzeichnet ist. Der gekrümmte Streckenabschnitt 1 bildet somit ein halbkreisförmiges Kissegment. Die Beschreibung und Darstellung gekrümmter Streckenabschnitte erfolgt dadurch, dass einzelne Punkte des jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitts als Stützstellen im Speicher 10 gespeichert werden. Soll der jeweilige gekrümmte Streckenabschnitt an der Anzeigevorrichtung 20 dargestellt werden, so entnimmt der Prozessor 30 aus dem Speicher 10 die dem jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitt zugeordneten Stützstellen, setzt sie auf die digitale Karte 5 und verbindet sie untereinander durch Geradenstücke. Auf diese Weise wird der jeweilige gekrümmte Streckenabschnitt durch aneinandergesetzte Geradenstücke angenähert, wobei die Annäherung um so besser ist, je größer die Anzahl der verwendeten Stützstellen für den jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitt ist. Bei einer vorgegebenen Annäherungsgenauigkeit zwischen der Nachbildung des gekrümmten Streckenabschnitts durch die Geradenstücke und dem gekrümmten Streckenabschnitt selbst ist es bei abnehmendem Krümmungsradius erforderlich, die Zahl der Stützstellen zu erhöhen. Dadurch steigt aber der Speicherplatzbedarf für die Speicherung der Stützstellen im Speicher 10.

[0014] Dieser Speicherplatzbedarf wird durch das erfindungsgemäße Verfahren reduziert, wobei das erfindungsgemäße Verfahren im Folgenden anhand von Fig. 2 näher beschrieben wird.

[0015] Dazu werden Punkte auf der digitalen Karte 5 durch ihre Ortsvektoren ausgehend von einem Ursprung O gekennzeichnet. O ist dabei der Ursprung eines kartesischen Koordinatensystems mit der x-Achse als Abszisse und der y-Achse als Ordinate. Auf der digitalen Karte 5 ist wie beschrieben ein gekrümmter Streckenabschnitt in Form eines halbkreisförmigen Kissegments dargestellt und durch das Bezugszeichen 1 gekennzeichnet. Der Mittelpunkt des den Halbkreis 1 aufnehmenden Vollkreises ist in Fig. 2 durch den Ortsvektor  $\vec{C}$  gekennzeichnet. Der Halb-

kreis 1 umfasst links vom Mittelpunkt  $\vec{C}$  einen Anfangspunkt, der durch den Ortsvektor  $\vec{P}_1$  gekennzeichnet ist. Rechts des Mittelpunktes  $\vec{C}$  umfasst der Halbkreis 1 einen Endpunkt, der durch seinen Ortsvektor  $\vec{P}_2$  gekennzeichnet ist. Der Mittelpunkt  $\vec{C}$  ist als Parameter im Speicher 10 in Form seiner Ortskoordinaten abgespeichert. Der Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und der Endpunkt  $\vec{P}_2$  sind als Streckenpunkte ebenfalls im Speicher 10 in Zuordnung zum Mittelpunkt  $\vec{C}$  in Form von Ortskoordinaten abgespeichert. Aus dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  und dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  wird nun ein erster Radiusvektor  $\vec{r}_1$  durch folgende Rechenvorschrift gebildet:

$$\vec{r}_1 = \vec{P}_1 - \vec{C}.$$

[0016] Aus dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  wird ein zweiter Radiusvektor  $\vec{r}_2$  durch folgende Rechenvorschrift gebildet:

$$\vec{r}_2 = \vec{P}_2 - \vec{C}.$$

[0017] Als weiterer Parameter muß in Zuordnung zum Mittelpunkt  $\vec{C}$  im Speicher 10 eine Anzahl N von Stützstellen zwischen dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  festgelegt werden, wobei die Anzahl N der Stützstellen größer oder gleich 1 ist und die Stützstellen auf dem Halbkreis 1 liegen.

[0018] In Fig. 2 sind die Ortsvektoren zu den Stützstellen auf dem Halbkreis 1 dargestellt. So kennzeichnet  $\vec{S}_1$  einen Ortsvektor zu einer ersten Stützstelle,  $\vec{S}_2$  einen Ortsvektor zu einer zweiten Stützstelle,  $\vec{S}_3$  einen Ortsvektor zu einer dritten Stützstelle und  $\vec{S}_4$  einen Ortsvektor zu einer vierten Stützstelle auf dem Halbkreis 1. Der Halbkreis 1 kann nun dadurch in seiner Darstellung an der Anzeigevorrichtung 20 angenähert werden, indem zwischen dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und die erste Stützstelle  $\vec{S}_1$  ein erstes Geradenstück 11, zwischen die erste Stützstelle  $\vec{S}_1$  und die zweite Stützstelle  $\vec{S}_2$  ein zweites Geradenstück 12, zwischen die zweite Stützstelle  $\vec{S}_2$  und die dritte Stützstelle  $\vec{S}_3$  ein drittes Geradenstück, zwischen die dritte Stützstelle  $\vec{S}_3$  und die vierte Stützstelle  $\vec{S}_4$  ein viertes Geradenstück 14 und zwischen die vierte Stützstelle  $\vec{S}_4$  und den Endpunkt  $\vec{P}_2$  ein fünftes Geradenstück 15 gelegt wird.

[0019] Es ergibt sich vom Mittelpunkt  $\vec{C}$  zur ersten Stützstelle  $\vec{S}_1$  ein erster Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S1}$ , zwischen dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  und der zweiten Stützstelle  $\vec{S}_2$  ein zweiter Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S2}$ , zwischen dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  und der dritten Stützstelle  $\vec{S}_3$  ein dritter Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S3}$  und zwischen dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  und der vierten Stützstelle  $\vec{S}_4$  ein vierter Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S4}$ . Der Radius des Halbkreises 1 ist in Fig. 2 durch r gekennzeichnet.

[0020] Zur weiteren Berechnung werden nun die in Fig. 2 dargestellten Vektoren in komplexe Zahlen umgewandelt, wobei die x-Achse die Realteilachse und die y-Achse die Imaginärteilachse bilden. Die in Fig. 2 dargestellten Vektoren sind bei der komplexen Rechnung komplexe Zahlen und werden jeweils ohne Pfeil dargestellt. Ihre Komponente in x-Richtung entspricht dabei dem Realteil und ihre Komponente in y-Richtung dem Imaginärteil der entsprechenden komplexen Zahl. Einander benachbarte Stützstellenradiusvektoren  $\vec{r}_1, \vec{r}_{S1}, \vec{r}_{S2}, \vec{r}_{S3}, \vec{r}_{S4}, \vec{r}_2$  bilden jeweils einen Winkel  $\Delta\phi$ . Dieser Winkel wird auch zwischen dem ersten Radiusvektor  $\vec{r}_1$  und dem ersten Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S1}$  sowie zwischen dem zweiten Radiusvektor  $\vec{r}_2$  und dem vierten Stützstellenradiusvektor  $\vec{r}_{S4}$  gebildet. Der Winkel  $\Delta\phi$  bildet somit eine Winkelschrittweite. Sie berechnet sich in komplexer Rechnung durch folgende Berechnungsfunktion:

$$\Delta\varphi = \frac{\arg\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{N+1},$$

wobei N die Zahl der Stützstellen und in diesem Beispiel gleich 4 ist.  $\arg(r_2/r_1)$  ist der Winkel des Kreissegments 1 bzw. des hier beschriebenen Halbkreises und beträgt in diesem Beispiel  $180^\circ$  bzw.  $\pi$ .

[0021] Die Stützstellenradiusvektoren  $\vec{r}_{S1}$ ,  $\vec{r}_{S2}$ ,  $\vec{r}_{S3}$ ,  $\vec{r}_{S4}$  können dann in komplexer Rechnung nach folgender allgemeiner Rechenvorschrift oder Berechnungsfunktion ermittelt werden:

$$\vec{r}_{Sn} = \vec{C} + r_1 \cdot e^{nj\Delta\varphi},$$

wobei  $n = 1, 2, 3, \dots, N$  und in diesem Beispiel  $N = 4$  ist. [0022] In der Berechnungsfunktion kann der Exponent auch negativ sein, je nach dem in welche Richtung vom Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  zum Endpunkt  $\vec{P}_2$  der Radiusvektor gedreht werden muß, um die Stützstellen auf dem Halbkreis 1 zu erreichen.

[0023] Auf diese Weise wird jede der Stützstellen  $\vec{S}_1$ ,  $\vec{S}_2$ ,  $\vec{S}_3$ ,  $\vec{S}_4$  durch schrittweises Drehen des ersten Radiusvektors  $\vec{r}_1$  in Richtung zum zweiten Radiusvektor  $\vec{r}_2$  mit dem Mittelpunkt  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 bzw. allgemein des Kreissegments als Drehachse um den Winkel des Kreissegments 1, in diesem Fall  $180^\circ$ , geteilt durch die um 1 erhöhte Anzahl N der Stützstellen  $\vec{S}_1$ ,  $\vec{S}_2$ ,  $\vec{S}_3$ ,  $\vec{S}_4$ , in diesem Fall also geteilt durch 5, erreicht. Auf diese Weise wird der Halbkreis 1 durch die aneinandergereihten Geradenstücke 11, 12, 13, 14, 15 zwischen dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$ , den ermittelten Stützstellen  $\vec{S}_1$ ,  $\vec{S}_2$ ,  $\vec{S}_3$ ,  $\vec{S}_4$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  angenähert und zur Darstellung an der Anzeigevorrichtung 20 gebracht.

[0024] Für die Berechnung der Stützstellen müssen der Mittelpunkt  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 zusammen mit dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  in Zuordnung zum Halbkreis 1 im Speicher 10 abgespeichert werden. Da der Halbkreis 1 durch den Mittelpunkt  $\vec{C}$  gekennzeichnet ist, kann dies durch Abspeichern des Anfangspunktes  $\vec{P}_1$  und des Endpunktes  $\vec{P}_2$  im Speicher 10 in Zuordnung zum ebenfalls im Speicher 10 gespeicherten Mittelpunkt  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 erfolgen.

[0025] In einer weiteren alternativen Ausführungsform kann auf das Abspeichern des Mittelpunktes  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 verzichtet werden. In diesem Fall muß der Radius r des Halbkreises 1 zusammen mit dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  in Zuordnung zu dem Halbkreis 1 im Speicher 10 abgespeichert werden, wobei diese Zuordnung beispielsweise dadurch erreicht werden kann, dass der Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und der Endpunkt  $\vec{P}_2$  in Zuordnung zum Radius r im Speicher 10 abgelegt sein können, wobei auch der Radius r im Speicher 10 abgelegt sein kann. Der Halbkreis 1 ist dabei eindeutig durch den Anfangspunkt  $\vec{P}_1$ , durch den Endpunkt  $\vec{P}_2$  oder durch den Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und den Endpunkt  $\vec{P}_2$  gekennzeichnet.

[0026] Aus dem Radius r des Halbkreises 1, dem Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  und dem Endpunkt  $\vec{P}_2$  ergibt sich durch Berechnung im Komplexen der Mittelpunkt  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 durch die folgende Berechnungsfunktion:

$$\vec{C} = \pm j \cdot \sqrt{r^2 - \frac{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|^2}{4}} \cdot \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|} + \frac{\vec{P}_1 + \vec{P}_2}{2}.$$

[0027] Für eine eindeutige Bestimmung des Mittelpunktes  $\vec{C}$  des Halbkreises 1 ist es erforderlich, zusätzlich ein Vor-

zeichenbit im Speicher 10 abzuspeichern, das angibt, auf welcher Seite dieses gekrümmten Streckenabschnitts der Mittelpunkt  $\vec{C}$  liegt. Dies ist in der obigen Gleichung durch das der Wurzel vorangestellte  $\pm$ -Zeichen angedeutet. Dieses Vorzeichenbit muß in entsprechender Weise in Zuordnung zum Halbkreis 1 im Speicher 10 abgelegt sein.

[0028] Die Erfindung wurde anhand eines als Halbkreis ausgebildeten gekrümmten Streckenabschnitts 1 beschrieben, ist jedoch auf beliebige als Kreissegment ausgebildete gekrümmte Streckenabschnitte in der beschriebenen Weise anwendbar.

[0029] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es nicht mehr erforderlich, Stützstellen mit Ausnahme des Anfangs- und des Endpunktes des anzunähernden gekrümmten Streckenabschnitts 1 im Speicher 10 zu speichern. Vielmehr sind zusätzlich zum Anfangs- und Endpunkt des anzunähernden gekrümmten Streckenabschnitts 1 im Speicher 10 die für die Berechnung der Stützstellen erforderlichen Funktionsparameter sowie die Berechnungsfunktionen selbst abzuspeichern. Die Funktionsparameter wie Mittelpunkt des Kreissegments oder Radius und Vorzeichenbit desselben sind für jeden anzunähernden gekrümmten Streckenabschnitt individuell im Speicher 10 abzuspeichern, in Zuordnung zum zugehörigen Anfangs- und Endpunkt des entsprechenden gekrümmten Streckenabschnitts. Der Kreisbogen des gekrümmten Streckenabschnitts ist immer vom Anfangspunkt  $\vec{P}_1$  zum Endpunkt  $\vec{P}_2$  zu schlagen. Die beschriebenen Berechnungsfunktionen selbst jedoch sind für die Berechnung der Stützstellen aller anzunähernden gekrümmten Streckenabschnitte gleich und müssen daher nur einmal im Speicher 10 abgespeichert werden. Die Berechnung der Stützstellen gemäß den im Speicher abgelegten Berechnungsfunktionen erfolgt dann im Prozessor 30. Die im Speicher 10 abgelegten Anfangs- und Endpunkte der jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitte werden zusammen mit den zugeordneten Funktionsparametern, also Mittelpunkt des entsprechenden gekrümmten Streckenabschnitts oder Radius und Vorzeichenbit desselben an den Prozessor 30 geleitet und mit Hilfe der ebenfalls im Speicher 10 gespeicherten und aus diesem in den Prozessor 30 geladenen Berechnungsfunktionen in die Stützstellen der jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitte umgerechnet, welche dann durch entsprechende Geradenstücke miteinander verbunden und in dieser Form an der Anzeigevorrichtung 20 zur Darstellung gebracht werden.

[0030] Durch das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich gekrümmte Streckenabschnitte durch die beschriebenen Berechnungsfunktionen und Funktionsparameter beschreiben bzw. darstellen. Anstelle der Stützstellen müssen nur die Berechnungsfunktionen selbst und deren Funktionsparameter wie beschrieben im Speicher 10 abgelegt werden. Mit Ausnahme des Anfangs- und des Endpunktes des jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitts müssen somit keine Stützstellen mehr gespeichert werden. Die beschriebenen Berechnungsfunktionen selbst müssen nur einmal abgespeichert werden, da sie für alle gekrümmten Streckenabschnitte die zugehörigen Stützstellen liefern.

[0031] Die beschriebenen Berechnungsfunktionen werden vom Prozessor 30 durchgeführt, wobei die erforderlichen Rechenschritte besonders schnell durchgeführt werden, wenn sie wenig Rechenaufwand erfordern. Die Reduzierung des Rechenaufwandes kann beispielsweise durch Zusammenfassen gleichartiger Rechenschritte realisiert werden. Eine derartige Optimierung der durchzuführenden Rechenschritte und des damit verbundenen Rechenaufwandes kann außerhalb der Berechnung der digitalen Karte 5 durch den Prozessor 30 im Prozessor 30 voreingestellt werden, so dass dann bei der Berechnung der digitalen Karte 5

auf diese optimierten Rechenschritte zurückgegriffen werden kann.

[0032] Der eingesparte Speicherplatz kann dazu genutzt werden, zusätzliche Informationen abzuspeichern, durch deren Verwendung eine genauere Beschreibung bzw. Darstellung der digitalen Karte ermöglicht wird. Beispielsweise könnte auf diese Weise ein durch die digitale Karte 5 abzubildender Straßenverlauf durch eine größere Anzahl gekrümmter Streckenabschnitte beschrieben und auf diese Weise genauer dargestellt werden. Für die zusätzlichen darzustellenden gekrümmten Streckenabschnitte sind dann die entsprechenden Funktionsparameter und Anfangs- und Endpunkte im Speicher 10 abzulegen. Eine höhere Genauigkeit bei der Darstellung von Straßenverläufen in der digitalen Karte 5 erlaubt auch ein verbessertes Map Matching, da die Position der Navigationsvorrichtung 25 bzw. des zugehörigen Kraftfahrzeugs noch genauer in der digitalen Karte 5 angegeben werden kann.

[0033] Die Bestimmung der Anzahl N von zu berechnenden Stützstellen für den jeweiligen gekrümmten Streckenabschnitt erfolgt in Abhängigkeit des Krümmungsradius r des gekrümmten Streckenabschnitts, wobei die Anzahl N in der Regel umso größer ist, je kleiner der Krümmungsradius r ist. Je kleiner der Krümmungsradius r ist, desto stärker ist der gekrümmte Streckenabschnitt gekrümmt und desto mehr Geradenstücke sind erforderlich, um den gekrümmten Streckenabschnitt bei einer vorgegebenen Genauigkeit anzunähern. Dabei könnte die Anzahl N beispielsweise proportional zum Kehrwert des Krümmungsradius r gewählt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Beschreibung von Streckenabschnitten in digitalen Karten (5), bei dem gekrümmte Streckenabschnitte (1) durch Geradenstücke (11, 12, 13, 14, 15) angeglichen werden, wobei ein Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und ein Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) eines gekrümmten Streckenabschnitts (1) in einem Speicher (10) abgelegt werden, wobei der gekrümmte Streckenabschnitt (1) zwischen diesen beiden Punkten ( $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ ) ein Kreissegment bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Beschreibung des gekrümmten Streckenabschnitts (1) von einem Mittelpunkt ( $\vec{C}$ ) des Kreissegments (1) ein erster Radiusvektor ( $\vec{r}_1$ ) zum Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und ein zweiter Radiusvektor ( $\vec{r}_2$ ) zum Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) ermittelt werden, daß in Abhängigkeit des Krümmungsradius (r) eine Anzahl (N) von Stützstellen ( $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4$ ) zwischen dem Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und dem Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) festgelegt wird, wobei diese Anzahl (N) größer oder gleich Eins ist, daß jede der Stützstellen ( $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4$ ) durch schrittweises Drehen eines der beiden Radiusvektoren ( $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ ) in Richtung zum anderen der beiden Radiusvektoren ( $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ ) mit dem Mittelpunkt ( $\vec{C}$ ) des Kreissegments (1) als Drehachse um den Winkel des Kreissegments (1) geteilt durch die um Eins erhöhte Anzahl (N) der Stützstellen ( $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4$ ) erreicht wird und daß der gekrümmte Streckenabschnitt (1) durch die aneinandergereihten Geradenstücke (11, 12, 13, 14, 15) zwischen dem Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ), den ermittelten Stützstellen ( $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4$ ) und dem Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) angenähert und zur Darstellung an einer Anzeigevorrichtung (20) gebracht oder einer weiteren Datenverarbeitung zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mittelpunkt ( $\vec{C}$ ) des Kreissegments (1) zusammen mit dem Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und dem Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) in Zuordnung zu dem gekrümmten Streck-

kenabschnitt (1) im Speicher (10) abgespeichert wird. 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius des Kreissegments (1) zusammen mit dem Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und dem Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) in Zuordnung zu dem gekrümmten Streckenabschnitt (1) im Speicher (10) abgespeichert wird und daß der Mittelpunkt ( $\vec{C}$ ) des Kreissegments (1) aus dem Radius (r), dem Anfangspunkt ( $\vec{P}_1$ ) und dem Endpunkt ( $\vec{P}_2$ ) wie folgt ermittelt wird:

$$C = \pm j \cdot \sqrt{r^2 - \frac{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|^2}{4}} \cdot \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|} + \frac{\vec{P}_1 + \vec{P}_2}{2},$$

wobei C der Mittelpunkt des Kreissegmentes (1),  $\vec{P}_1$  der Ortsvektor des Anfangspunktes,  $\vec{P}_2$  der Ortsvektor des Endpunktes, jeweils in komplexer Schreibweise, und r der Radius des Kreissegmentes (1) ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

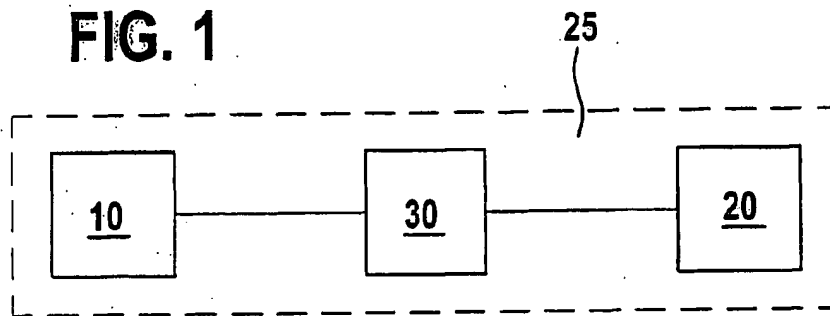


FIG. 2

